DOI: http://dx.doi.org/10.5902/2179460X9597
Revista do Centro do Ciências Naturais e Exatas - UFSM
Ciência e Natura, Santa Maria,
ISSN: 2179-460X, v. 35 n. 1 jul. 2013, p. 001-009.

Precipitação e perda de sedimentos na encosta Itagiba, zona norte de Santa Maria - RS.

Analysis of erosive process between precipitation and loss of sediment in the Itagiba slope, northern zone of Santa Maria – RS.

Rodrigo Diniz Marques[1], Mauro Kumpfer Werlang[2]

[1] Departamento de geociências licenciado em geografia, UFSM.
[2] Departamento de geociências geografia física ciência do solo, UFSM.

Resumo

As ocupações em áreas de risco nas cidades brasileiras decorrem principalmente de processos de segregação social e gestão do espaço. No município de Santa Maria-RS, também há ocupações em áreas de risco. Uma dessas áreas é a Encosta Itagiba, localizada no bairro Chácara das Flores, zona norte da cidade. O traçado da ferrovia Santa Maria–Uruguaiana, projetado pelo Consórcio Belga em 1890, promoveu alteração na vertente norte da Vila Kennedy. Ao modificar a conformação da paisagem, o seccionamento da vertente trouxe modificação na topografia. Nesse sentido, o trabalho visa contribuir para o entendimento dos processos erosivos na encosta e estabelecer a relação entre a precipitação e a perda total de sedimentos. Para isso, foram monitorados, durante um período de dois anos, o volume de precipitação e o total de sedimentos removidos a cada evento de precipitação. Para essa avaliação, considerou-se a característica dos volumes pedológicos superficiais na área da Encosta Itagiba no que se refere a sua textura e seus limites de consistência. Ao longo de uma topossequência, foi também avaliado o coeficiente de infiltração. Os resultados mostraram haver uma correlação positiva entre o volume de precipitação e a perda de sedimentos. Houve maior volume de perdas nos volumes pedológicos com maior teor de silte. O coeficiente de infiltração diminuiu com o aumento da profundidade numa relação direta com o aumento do teor de argila e aumento da plasticidade. A avaliação da topossequência permite concluir que o incremento dos fluxos horizontais ocorre a partir do aumento da profundidade e que a conformação do perfil da vertente é controlada por esse processo.

Palavras-chave: precipitação, perda de sedimentos, vertente, topossequência.

Abstract

Occupation in risk areas in the Brazilian cities happens, mainly, because of social segregation and space management. In the city of Santa Maria, occupation in risk areas also occurs. One of these areas is the Itagiba slope, located in the neighborhood of Chácara das Flores, northern zone of the city. The route of the Santa Maria-Uruguaiana railroad, designed by the Belgium Consortium, in 1890, has lead to changes in the north side of Kennedy Town. By modifying the conformation of the landscape, the sectioning of the slope changed the topography. In this sense, this work aims to contribute to the understanding of the erosive process in the slope and establish the relationship between precipitation and total loss of sediment. Aiming at this goal, the volumes of total precipitation and the amount of sediment removed in each event of precipitation were monitored over a period of two years. For this evaluation, the pedological volumes in the Itagiba slope were analyzed in terms of texture and consistency limits. Along a toposequence was also evaluated the coefficient of infiltration. Results showed a positive correlation between the volume of precipitation and the loss of sediments. Higher volume of loss was observed in pedological volumes with higher silt content. The coefficient of infiltration decreased with increasing depth, clay content, and plasticity. The evaluation of the toposequence shows that the increase in depth causes the increase of horizontal flows, and that the conformation of the slope profile is controlled by this process.

Key words: precipitation, loss of sediments, slope, toposequence.

Recebido em: 20.06.11. Revisado em 16.05.13. Aceito em 22.05.13

1. INTRODUÇÃO

A viação férrea em Santa Maria tem seu início, segundo Tomazetti (2000), no ano de 1875, com a lei Provincial nº 999, que dava ao Consórcio Belga a concessão de sessenta anos de exploração para a construção de uma estrada de ferro que ligasse Santa Maria até as margens do rio Uruguai. As obras iniciaram em 26 de maio de 1889, com a chegada de uma comissão de engenharia encarregada do estudo do traçado da ferrovia, que obrigatoriamente deveria passar pelo centro do Estado do Rio Grande do Sul por questões geopolíticas[1] e geoeconômicas[2]. Tomazetti (2000) destaca que o traçado da ferrovia buscava minimizar os custos, maximizando os lucros. Assim, o Consórcio Belga buscou a menor distância e o relevo mais favorável para a construção da estrada de ferro Santa Maria–Uruguaiana em 1890.

Neste contexto, houve o secionamento na vertente norte da Vila Kennedy, zona norte de Santa Maria, modificando a conformação da topografia na área que hoje é conhecida como Encosta Itagiba[3]. Assim, o trabalho busca contribuir para um melhor entendimento dos processos erosivos na encosta e, estabelecer a relação entre a precipitação e a perda total de sedimentos, para então analisar a conformação do perfil da vertente na Encosta Itagiba.

Nessa perspectiva, o estudo e a representação cartográfica tridimensionais da cobertura pedológica permitem estudar os processos biogeodinâmicos, o sentido e a evolução da pedogênese.

Isso possibilita uma reconstituição dos mecanismos responsáveis pelas diferenciações pedológicas, uma vez que a cobertura pedológica é um sistema estrutural complexo que apreende transformações progressivas das organizações, tanto vertical quanto lateralmente no sentido da vertente, estando, a cobertura pedológica, intimamente relacionada com os outros elementos da paisagem, especialmente o relevo.

Na década de 1970, Boulet (1978) e Boulet et al. (1982) propuseram o estudo e a representação cartográfica tridimensionais da cobertura pedológica. Queiroz Neto (1988) destaca que assim é possível estudar os processos biogeodinâmicos, o sentido e a evolução da pedogênese; reconstituir os diferentes mecanismos responsáveis pelas diferenciações pedológicas, bem como suas sucessões cronológicas; os quais demonstram o comportamento e funcionamento atual da cobertura pedológica de uma dada área.

A Encosta Itagiba está localizada na Depressão Periférica Sul-Riograndense, no contato discordante entre os lamitos fossilíferos da Formação Santa Maria e as rochas sedimentares de origem eólica da Formação Botucatu (BORTOLUZZI, 1974). Situada na zona norte da cidade de Santa Maria-RS, no bairro Chácara das Flores na divisa da Vila Kennedy e São Rafael, a Encosta Itagiba limita-se ao norte com o distrito de Santo Antão, a oeste com o bairro Caturrita, a leste com o bairro Perpétuo Socorro e ao sul com o bairro Salgado Filho. A figura 1 localiza a área da Encosta Itagiba em relação à área urbana de Santa Maria.

Em relação ao relevo, a Encosta Itagiba reflete a condição da sua posição situada numa área de transição geomorfológica entre os Planaltos e Chapadas da Bacia Sedimentar do Paraná e a Depressão Periférica Sul-riograndense.

As atuações dos agentes erosivos morfogenéticos definiram as formas de relevo que também estão associadas à diversidade litoestrutural da área da Encosta. No que se refere ao clima, de acordo com a classificação de Köppen (1936) apud Ayoade (1986), a região apresenta domínio climático do tipo Cfa, ou seja, temperado chuvoso e quente, onde se registram temperaturas entre –3°C e 18°C nos meses mais frios e nos meses mais quentes temperaturas superiores a 22°C, sem nenhuma estação seca.

A área da Encosta Itagiba sofreu significativas alterações na cobertura original da vegetação, uma vez que está ocupada pela urbanização. Entretanto, há alguns pontos que apresentam remanescentes da Floresta Estacional Semidecidual. Apresenta, nas áreas com forte dissecação do relevo, e desenvolvidos a partir de rochas efusivas básicas e ácidas da Formação Serra Geral, solos Argissolos Vermelhos, Nitossolos e Neossolos Litólicos. Também, aparecem em alguns pontos, caracterizados pela irregularidade topográfica, Cambissolos. Entretanto, nesses setores, com forte energia do relevo, predominam as associações de solos. Na área de estudo onde foi traçada a topossequência representativa para a presente pesquisa, ocorre um Argissolo Vermelho.

O trabalho tem como objetivo contribuir para o entendimento dos processos erosivos na Encosta Itagiba e estabelecer a relação entre a precipitação e a perda total de sedimentos. Nesse sentido, foi monitorado durante um período de dois anos o volume de precipitação e o total de sedimentos removidos a cada evento de precipitação.

---

[1] Do centro do Estado é mais fácil enviar tropas militares para qualquer lugar da fronteira. Isso explica o número de Batalhões do Exército Brasileiro em Santa Maria até hoje-16 Unidades Militares.

[2] Santa Maria desempenhou um papel importante no escoamento da produção de grãos devido à posição central no Estado do Rio Grande do Sul.

[3] Nome atribuído à encosta devido ao fato de que a rua Itagiba passa ao lado da encosta, popularmente conhecida devido à localização do Asilo Itagiba, na mesma rua.
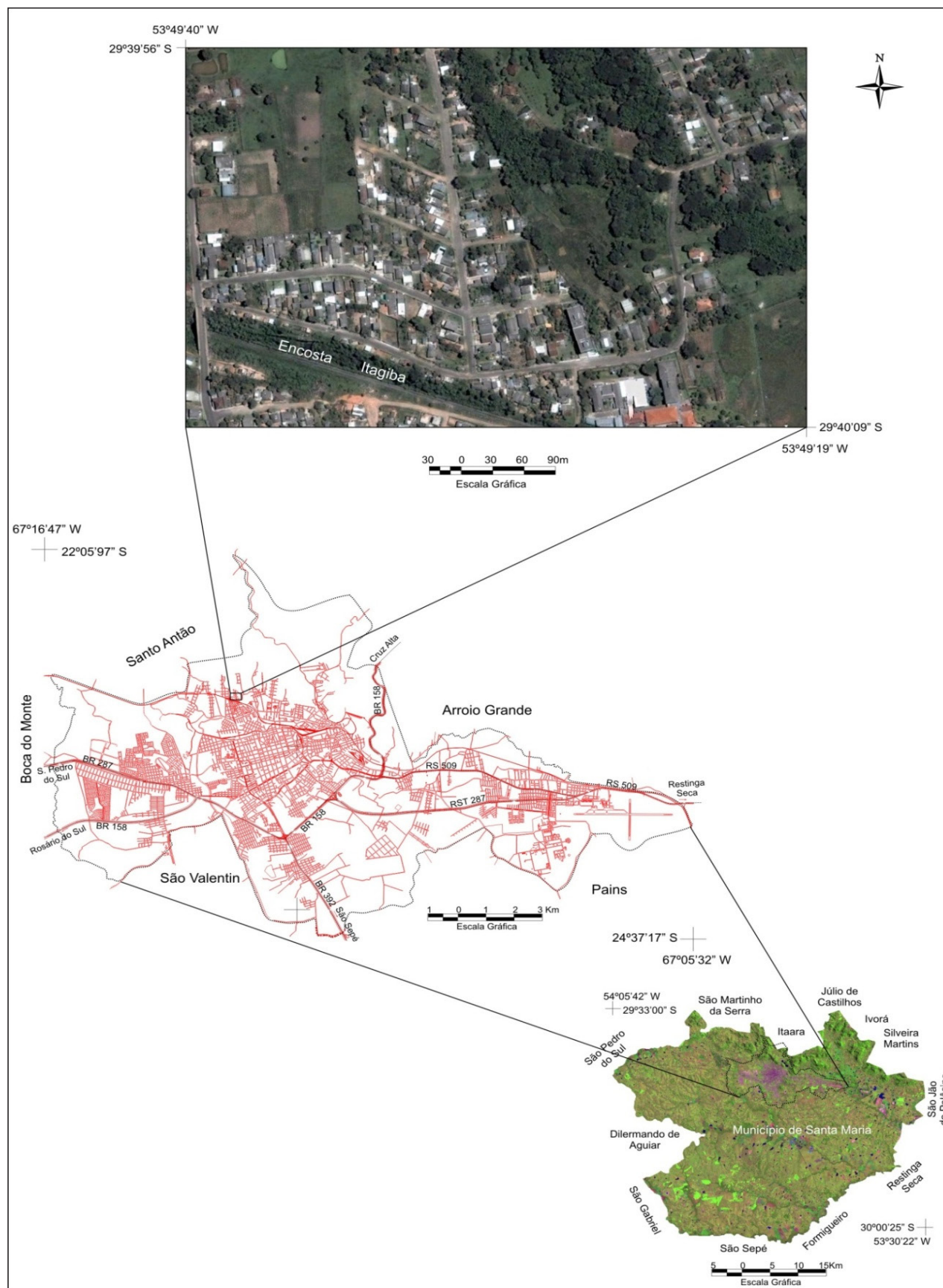
Figura 1: Localização da área da Encosta Itagiba em relação a área urbana de Santa Maria.

Para essa avaliação, foi considerada a característica dos volumes pedológicos superficiais na área da Encosta Itagiba, quanto a sua textura e limites de consistência. Ao longo de uma topossequência, foi também avaliado o coeficiente de infiltração.

2. METODOLOGIA

2.1 Procedimentos metodológicos

Para a realização do trabalho, tomou-se como referência o método dedutivo. Assim, os dados relativos à precipitação foram obtidos a partir de um pluviômetro instalado na parte superior da vertente junto ao divisor topográfico. Nesse ponto foi aberta uma trincheira onde foram descritos três volumes pedológicos. Dessa trincheira, foram coletadas amostras deformadas e, em laboratório, foi determinada a distribuição do tamanho de partículas e os limites de consistência.

A cada evento de precipitação e em cada um dos volumes pedológicos, foram coletados os sedimentos mobilizados pela chuva. Esse material sedimentar foi levado ao laboratório e, por peneiramento, separado nas frações areia grossa, areia média, areia fina e silte.

O procedimento para avaliar a perda de sedimento com as chuvas nos volumes subsuperficiais se deu a partir do escorrimento na borda lateral da trincheira onde foi colocado um recipiente, na profundidade respectiva a cada volume pedológico, para a realização da coleta. Do total coletado, em cada profundidade, foi descontada a perda registrada nos volumes sobrejacentes.

A partir de uma topossequência traçada na Encosta Itagiba, foram abertas três trincheiras, onde foram identificados os volumes pedológicos (V1, V2 e V3) e coletadas amostras deformadas para, em laboratório, determinar a distribuição do tamanho de partículas e os limites de consistência.

No topo de cada volume pedológico foi realizado ensaio para determinação do coeficiente de infiltração. Foram, ainda, realizadas cinco tradagens para facilitar na representação da topossequência.

Para a determinação do tamanho de partículas da fração areia, utilizou-se o processo de peneiramento, enquanto para as partículas da fração silte e argila o método utilizado, foi a sedimentação, conforme NBR 7181/84.

Os limites de consistência foram determinados em três repetições. O limite de liquidez foi determinado utilizando-se o aparelho Casagrande segundo a NBR 6459/84, enquanto os limites de plasticidade e contração foram obtidos conforme a NBR 6457/84. O índice de Plasticidade foi obtido a partir da equação 1:

$$IP = LL - LP \qquad \text{(equação 1)}$$

onde:
IP – Índice de plasticidade;
LL – Limite de liquidez;
LP – Limite de plasticidade.

O coeficiente de infiltração, em cada volume pedológico, foi obtido a partir do método do infiltrômetro de tubo (Hill, 1970, apud Guerra e Cunha, 1996), constituído de um tubo com diâmetro de 10 cm e altura 20 cm, o qual foi cravado no topo do volume pedológico em cada uma das três trincheiras (T1, T2 e T3) a uma profundidade de 5 cm e preenchido com água.

3. RESULTADOS

O traçado da topossequência, representada na figura 2, foi determinado seguindo o critério metodológico a partir da abertura das trincheiras (T1, T2 e T3) e dos pontos de tradagem (S1, S2, S3, S4 e S5).

O desnível vertical da topossequência foi de 23 metros e a distância horizontal, desde o divisor topográfico até o curso d'água junto à base da vertente, foi 340 metros. Ao longo da superfície da topossequência, são observados pequenos ressaltos topográficos, sobretudo no terço médio inferior e também próximo da base da vertente. Essa conformação provavelmente está relacionada a processos de exfiltração da água que acontecem nesse setor da vertente, quando o volume pedológico 3 (V3) fica mais próximo da superfície.

Esse volume pedológico apresenta o menor coeficiente de infiltração, diminuindo a infiltração vertical e facilitando o fluxo lateral de escoamento em sub-superficie.A topossequência, quando observada em relação à forma do perfil, apresenta-se com perfil convexo-côncavo. A maior convexidade no setor superior e a maior concavidade no setor inferior da vertente relacionam-se ao comportamento do manto pedológico.

Na seção côncava o V3 apresenta maior espessura, maior teor de fração argila, menor coeficiente de infiltração e maior índice de plasticidade. Já no setor superior, a convexidade reflete, comparativamente entre os segmentos de vertente, uma maior estabilidade conferida pelo comportamento desses atributos.

A tabela 1 mostra os valores do limite de liquidez, plasticidade e do limite de contração obtidos para os volumes pedológicos 1, 2 e 3 (V1, V2 e V3) e para as trincheiras 1, 2 e 3 (T1, T2 e T3).

Tabela 1: Topossequência da Encosta Itagiba: limites de consistência obtidos dos volumes pedológicos (V1, V2 e V3) das trincheiras (T1, T2 e T3).

Trincheiras	Volumes Pedológicos	LL (%)	LP (%)	LC (%)
T1	**V1**	**NL**	**NP**	**NC**
	V2	36,68	14,3	1,5948
	V3	39,31	16,83	1,5552
T2	**V1**	NL	NP	NC
	V2	NL	NP	NC
	V3	51,34	17,5	1,5834
T3	**V1**	NL	NP	NC
	V2	58,27	21,995	1,8403
	V3	34,62	21,5225	1,7469

V1= volume pedológico 1; V2= volume pedológico 2; V3= volume pedológico 3.
T1= trincheira 1; T2= trincheira 2; T3= trincheira 3.
LL= limite de liquidez; LP= limite de plasticidade; LC= limite de contração.
NL= não apresenta limite de liquidez; NP= não apresenta plasticidade; NC= não apresenta contração.

O volume pedológico superficial (V1) nas trincheiras (T1, T2 e T3) apresentou-se não-plástico. Já os volumes pedológicos V2 e V3 mostraram limites de plasticidade semelhantes na T3.

As figuras 3, 4 e 5 mostram as curvas granulométricas obtidas para os volumes pedológicos (V1, V2, V3) da trincheira 1 (T1).
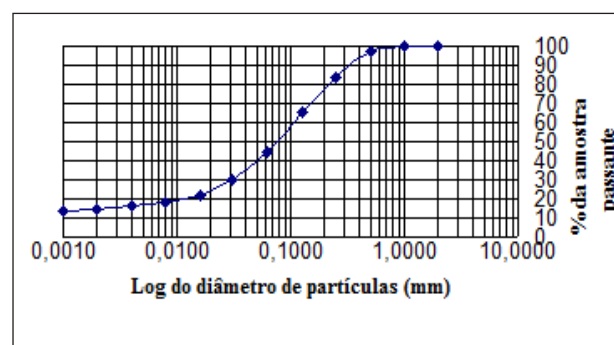
Figura 3: Curva granulométrica relativa ao volume pedológico 1 (V1) da trincheira 1 (T1).
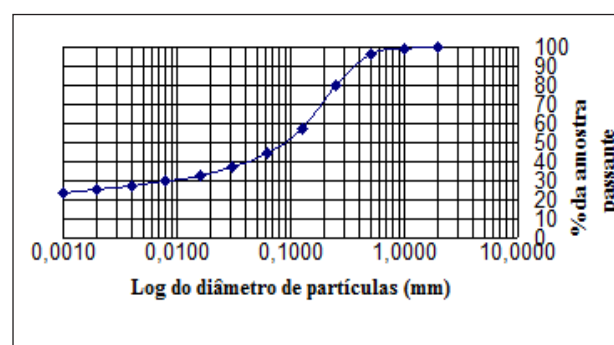
Figura 4: Curva granulométrica relativa ao volume pedológico 2 (V2) da trincheira 1 (T1).
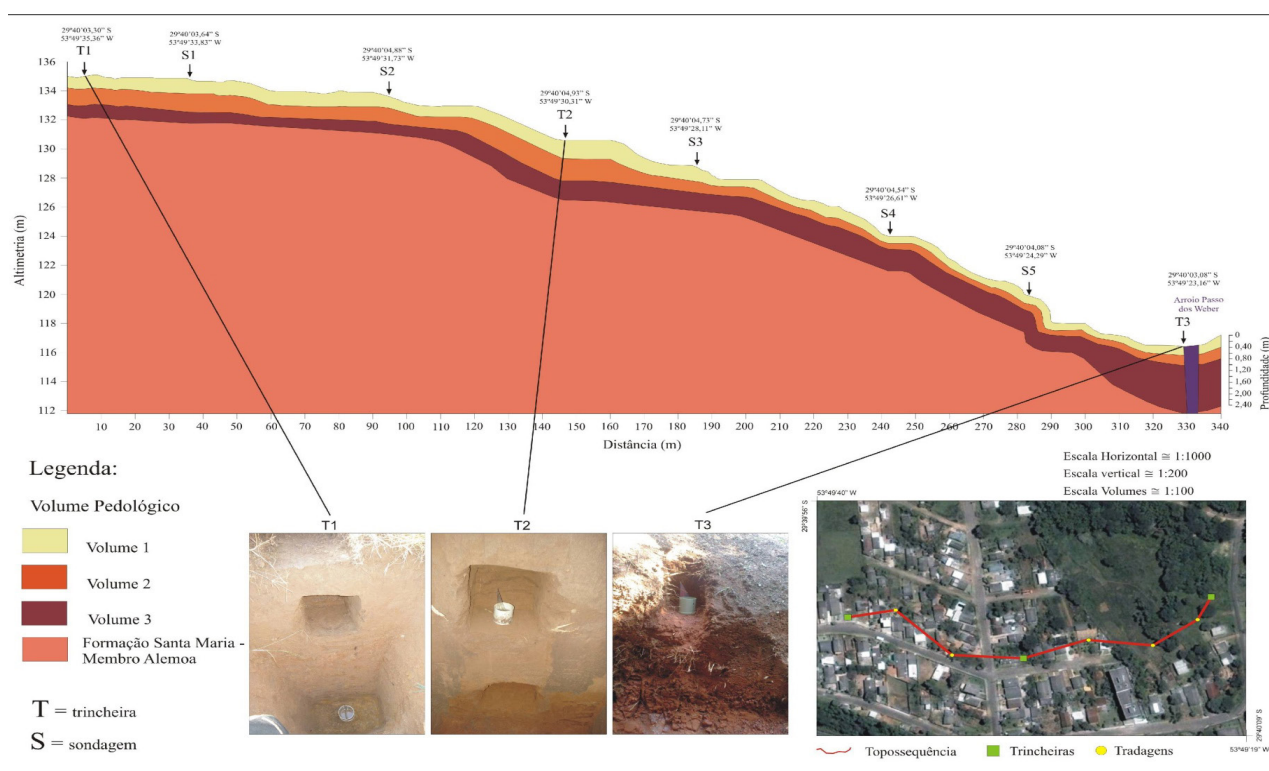
Figura 2: Representação da topossequência desde o divisor topográfico até a base da vertente.
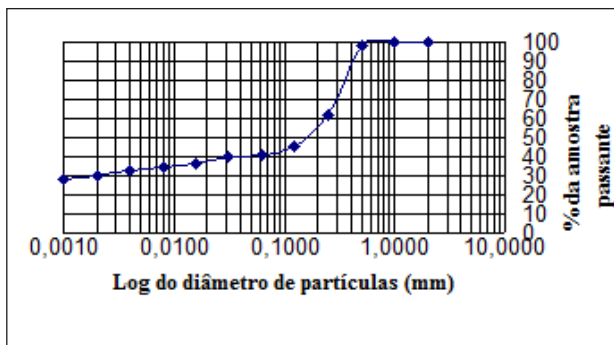
Figura 5: Curva granulométrica relativa ao volume pedológico 3 (V3) da trincheira 1 (T1).

Os resultados relativos à distribuição granulométrica, obtidos para a T1, indicam textura franco-arenosa para o V1 e o V2. O V3 apresenta textura franco-argilo-arenosa. Observa-se, portanto, um incremento no teor de argila com o aumento da profundidade.

Os resultados obtidos para a T2 revelam igualmente uma textura franco-arenosa para V1 e V2, entretanto textura argilo-arenosa para o V3. Da mesma maneira que ocorre na T1, houve um incremento de argila em profundidade na T2.

Para a T3 os resultados demonstram que o V1 apresenta textura argilo-argilosa, o V2 argilo-siltosa e o V3 textura argilosa. Esses dados permitem avaliar que a T3, situada no setor côncavo da topossequência próximo a base da vertente, apresenta maiores teores de argila. Isso pode estar relacionado à conformação do perfil da vertente e aos fluxos subsuperficiais que tendem a exfiltrar nesse setor da topossequência, já que em todos os volumes de todas as trincheiras há incremento de argila em profundidade num processo de translocação.

As figuras 6, 7 e 8 mostram as curvas granulométricas obtidas para os volumes pedológicos (V1, V2, V3) da trincheira 2 (T2) e as figuras 9, 10 e 11 ilustram as curvas granulométricas obtidas para os volumes pedológicos (V1, V2, V3) da trincheira 3 (T3).
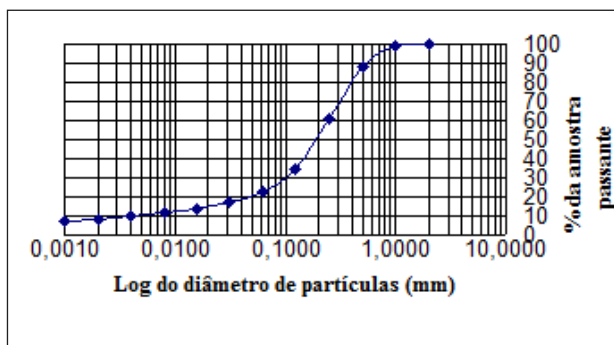
Figura 6: Curva granulométrica relativa ao volume pedológico 1 (V1) da trincheira 2 (T2).
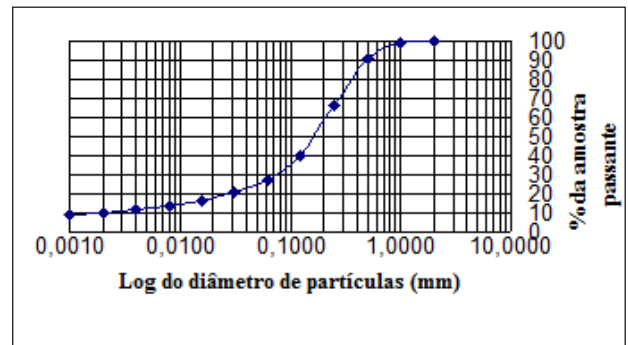
Figura 7: Curva granulométrica relativa ao volume pedológico 2 (V2) da trincheira 2 (T2).
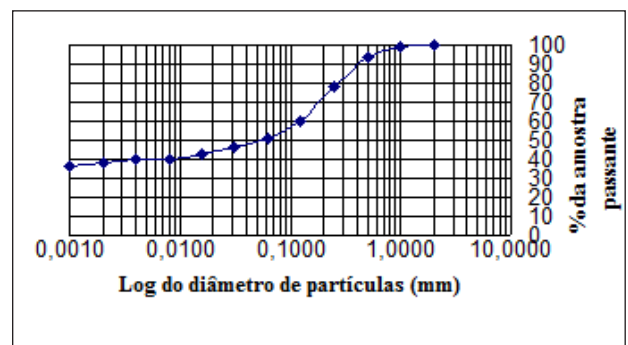
Figura 8: Curva granulométrica relativa ao volume pedológico 3 (V3) da trincheira 2 (T2).
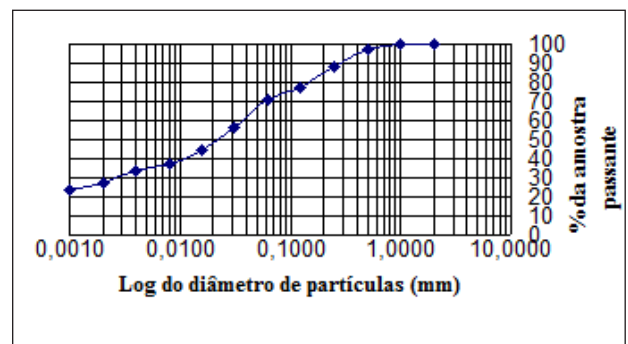
Figura 9: Curva granulométrica relativa ao volume pedológico 1 (V1) da trincheira 3 (T3).
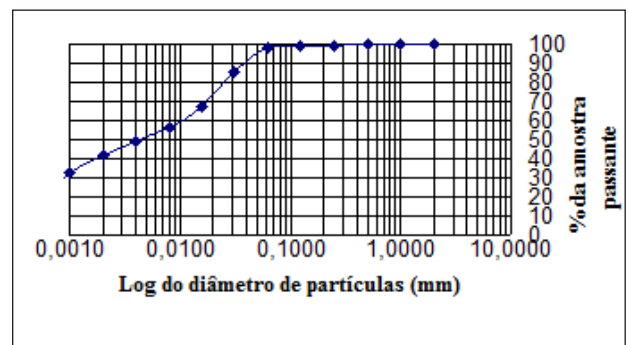
Figura 10: Curva granulométrica relativa ao volume pedológico 2 (V2) da trincheira 3 (V3).
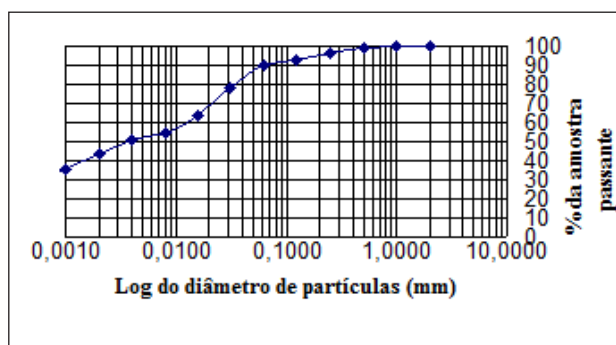
Figura 11: Curva granulométrica relativa ao volume pedológico 3 (V3) da trincheira 3 (T3).

O resultado obtido para o coeficiente de infiltração nos volumes pedológicos (V1, V2 e V3) das três trincheiras (T1, T2 e T3) da topossequência podem ser observados na tabela 2.

Os resultados mostram que o coeficiente de infiltração diminui com o incremento da profundidade numa relação inversa ao teor de argila. Isso enfatiza a relação entre a concentração da fração argila nos volumes pedológicos e a possível relação com a conformação do perfil da vertente na topossequência, convergindo para a avaliação de que os fluxos subsuperficiais tendem a exfiltrar no setor côncavo da topossequência.

Tabela 2: Topossequência da Encosta Itagiba: coeficiente de infiltração obtido nos volumes pedológicos (V1, V2 e V3) das trincheiras (T1, T2 e T3).

Trincheiras	Volumes pedológicos	Coeficiente de infiltração (cm/h)
T1	V1	27,9
	V2	20,5
	V3	2,8
T2	V1	33,3
	V2	18,0
	V3	5,7
T3	V1	31,4
	V2	30,3
	V3	4,7

V1= volume pedológico 1; V2= volume pedológico 2; V3= volume pedológico 3.

T1= trincheira 1; T2= trincheira 2; T3= trincheira 3.

Para analisar a relação entre a precipitação e a perda total de sedimentos foi considerado em separado o período verão/outono e inverno/primavera. As figuras 12, 13, 14 e 15 mostram a relação obtida.
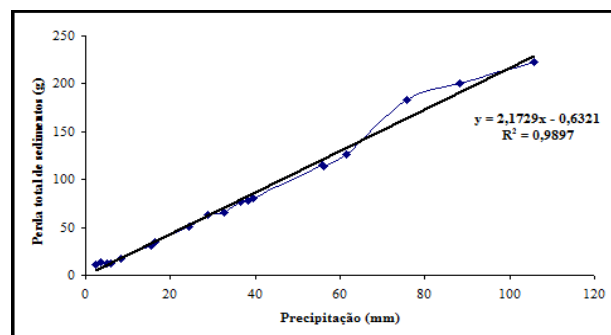
Figura 12: Encosta Itagiba: Relação entre a perda total de sedimentos por eventos de precipitação ocorridos no período entre 21 de dezembro de 2004 até 21 de junho de 2005 (verão/outono).
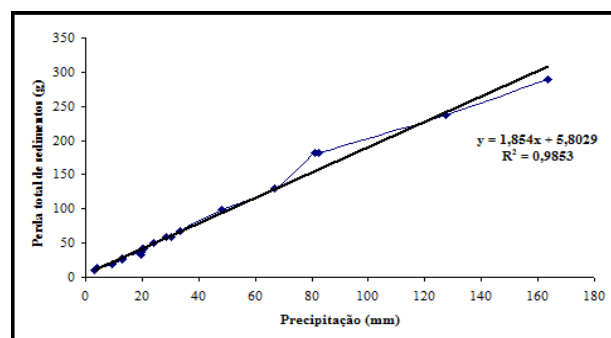
Figura 13: Encosta Itagiba: Relação entre a perda total de sedimentos por eventos de precipitação ocorridos no período entre 21 de junho de 2005 até 21 de dezembro de 2005 (inverno/primavera).
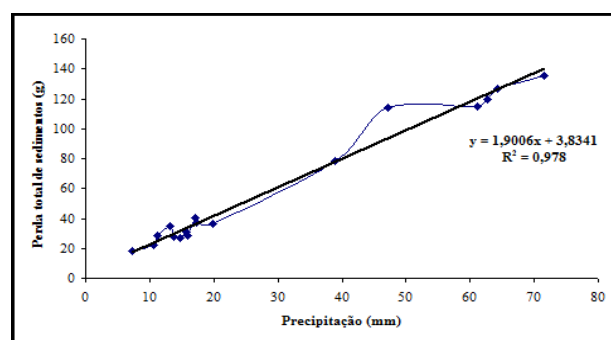
Figura 14: Encosta Itagiba: Relação entre a perda total de sedimentos por eventos de precipitação ocorridos no período entre 21 de dezembro de 2005 até 21 de junho de 2006 (verão/outono).
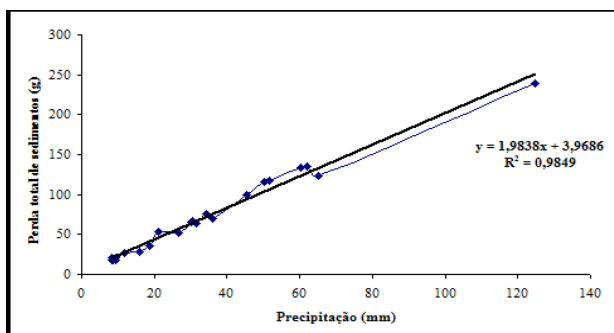
Figura 15: Encosta Itagiba: Relação entre a perda total de sedimentos por eventos de precipitação ocorridos no período entre 21 de junho de 2006 até 21 de dezembro de 2006 (inverno/primavera).

Os resultados obtidos para os quatro semestres mostraram forte correlação entre a precipitação e a perda total de sedimentos. Essa relação se estabeleceu para todas as estações do ano. Durante os dois anos de avaliação, observou-se uma relação positiva, indicando que, quanto maior for o volume de precipitação, maior será o volume de sedimentos removidos.

Também foi analisada a relação entre a precipitação e a perda de sedimentos por volume pedológico. As figuras 16, 17, 18 e 19 mostram a relação obtida.
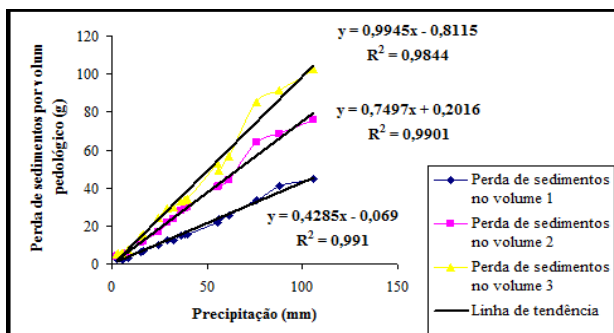
Figura 16: Encosta Itagiba: Relação entre a perda de sedimentos por eventos de precipitação e por volume pedológico (T1) no período entre 21 de dezembro de 2004 até 21 de junho de 2005 (verão/outono).
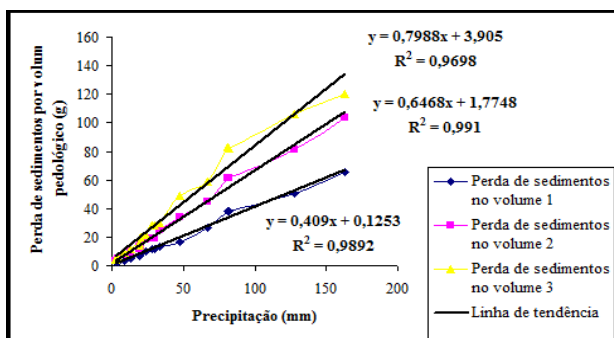
Figura 17: Encosta Itagiba: Relação entre a perda de sedimentos por eventos de precipitação e por volume pedológico (T1) no período entre 21 de junho de 2005 até 21 de dezembro de 2005 (inverno/primavera).
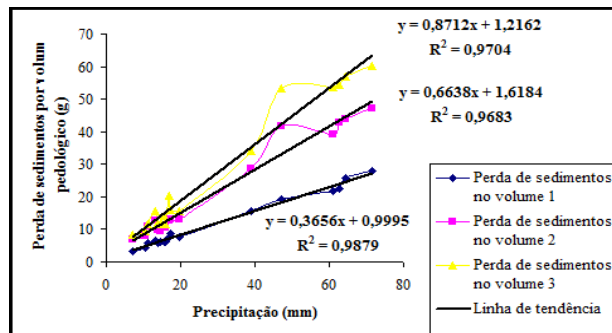
Figura 18: Encosta Itagiba: Relação entre a perda de sedimentos por eventos de precipitação e por volume pedológico (T1) no período entre 21 de dezembro de 2005 até 21 de junho de 2006 (verão/outono).
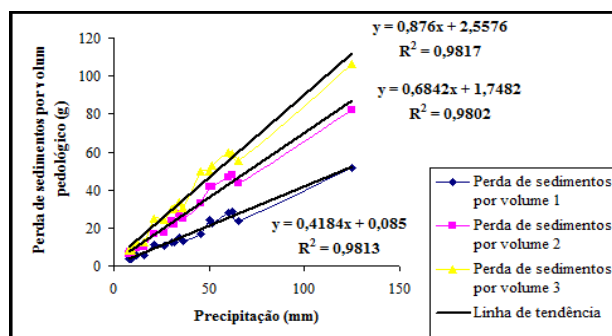
Figura 19: Encosta Itagiba: Relação entre a perda de sedimentos por eventos de precipitação e por volume pedológico (T1) no período entre 21 de junho de 2006 até 21 de dezembro de 2006 (inverno/primavera).

Os resultados obtidos para os quatro semestres mostraram forte correlação entre a precipitação e a perda de sedimentos em todos os volumes pedológicos. Essa relação se estabeleceu para todas as estações do ano. Durante os dois anos de avaliação, observou-se uma relação positiva para a perda de sedimentos, indicando que quanto maior o volume de precipitação, maior o volume de sedimentos removidos e, também, que a perda de sedimentos é maior no volume que apresenta maior teor de fração silte.

4. CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos é possível concluir que o setor côncavo da topossequência, próximo à base da vertente, apresenta maiores teores de argila. A conformação do perfil da vertente está relacionada aos fluxos subsuperficiais que tendem a exfiltrar nesse setor da topossequência. Assim a topossequência, quando observada considerando a forma do perfil, apresenta-se com perfil convexo-côncavo. A maior convexidade no setor superior e a maior concavidade no setor inferior

da vertente relacionam-se ao comportamento do manto pedológico.

O coeficiente de infiltração diminui com o incremento da profundidade numa relação inversa ao teor de argila, enfatizando a relação entre a concentração da fração argila e a plasticidade dos volumes pedológicos, convergindo para a avaliação de que os fluxos subsuperficiais tendem a exfiltrar no setor côncavo da topossequência.

No que se refere à precipitação e à perda de sedimentos, os resultados obtidos para os quatro semestres mostraram forte correlação entre a precipitação e a perda total. Essa relação se estabeleceu para todas as estações do ano. Também, essa relação se dá quando se considera cada um dos volumes pedológicos e em todas as estações do ano. Durante os dois anos de avaliação, observou-se que, além da relação positiva para a perda de sedimentos e precipitação, essa perda é maior no volume pedológico que apresenta maior teor na fração silte.

5. REFERÊNCIAS

ABNT-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Solo-determinação do limite de liquidez: NBR 6459**. Rio de Janeiro, 1984.

ABNT-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Solo-determinação do limite de plasticidade: NBR 6457**. Rio de Janeiro, 1984.

TÉCNICAS. **Solo-determinação da distribuição do tamanho de partículas**: **NBR 7181**. Rio de Janeiro, 1984.

AYOADE, J. **Introdução a climatologia dos trópicos**. São Paulo-SP: Difel, 1986.

BORTOLUZZI, C.A. Contribuição à geologia da região de Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. **Pesquisas do Instituto de Geociências**, n.4, p.7-13, 1974, Porto Alegre.

BOULET, R. Toposéquences de sols tropicaux en Haute Volta: équilibres et deséquilibres pédobioclimatiques., **Mém**. **ORSTOM**,. v.85, 1978.

BOULET, R.; CHAUVEL, A.; HUMBEL, F.X. ; LUCAS, Y. **Analyse structurale et cartographie en pédologie**: **I – Prise en compte de l'organisation bidimensionelle de la couverture pédologique**: **les études de toposéquences et leurs principaux apports à la connaissance dês sols**. Cah. ORSTOM, Sér. Pédol., 19:309-321, 1982.

GUERRA, A.J.T., CUNHA, S. B. **Geomorfologia**: **exercícios, técnicas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.334p.

QUEIROZ NETO, J.P. Análise estrutural da cobertura pedológica no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 21 Campinas, 1988. **Anais**. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1988.p.415-430.

TOMAZETTI, A. **Mudanças observadas na área urbana de Santa Maria - RS, sob influência do traçado das linhas férreas para Porto Alegre e Cruz Alta**. Santa Maria. UFSM, 2000. 73p.